

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Sebagian besar pemenuhan kebutuhan energi Bangsa Indonesia saat ini berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam. Cadangan minyak bumi sebesar 8 Miliar Barel diperkirakan akan habis selama 12 tahun, cadangan gas alam sebesar 98 TCF diperkirakan berumur 33 tahun, dengan cadangan batu bara sebesar 32,4 miliar ton diperkirakan akan habis selama 82 tahun. Semua bahan bakar fosil diasumsikan tidak ditemukan cadangan baru (Peraturan Presiden RI, 2017). Indonesia telah menjadi negara pengimpor minyak (*net oil importir*) sejak tahun 2004 dengan nilai impor BBM semula 448.000 BOPD pada tahun 2010 meningkat menjadi 548.000 BOPD pada tahun 2015. Emisi yang dihasilkan dari proses produksi bahan bakar fosil dari hulu sampai hilir serta pemanfaatannya di berbagai sektor ikut berperan meningkatkan emisi gas rumah kaca. Sektor penghasil emisi gas rumah kaca terbesar di Indonesia adalah sektor pembangkit listrik (33%), sektor industri yaitu sebesar 30% dan sector transportasi sebesar 29% (Peraturan Presiden RI, 2017). Sektor pembangkit tenaga listrik menggunakan bahan bakar fosil yaitu batu bara sebesar 58,1%, minyak bumi sebesar 6% dan gas alam sebesar 23,3 % (PLN, 2018). Cadangan bahan bakar fosil yang menipis dan komitmen Indonesia tentang pengurangan emisi gas rumah kaca dari sector energi sampai dengan 11% pada tahun 2030 sebagai MOU yang tertuang dalam dokumen *Nationally Determined Contribution* (NDC) Republik Indonesia (Handayani et al, 2017), menjelaskan tentang perlunya sumber energi alternatif yang baru terbarukan, ramah lingkungan serta bahan baku yang tidak terbatas ketersediannya. Salah satu sumber energi tersebut adalah energi yang berasal dari hidrogen.

Energi baru terbarukan banyak dikembangkan, seperti *biofuel*, mobil listrik maupun mobil tenaga surya di sektor transportasi. Masing-masing memiliki beberapa keterbatasan, misalnya mobil listrik diperlukan baterai yang harus diisi sumber listrik eksternal yang berasal dari pembangkit konvensional, waktu

pengisian baterai yang cukup lama. Kendaraan tenaga surya tergantung pada konsistensi radiasi matahari dan kendaraan tenaga surya dirancang memiliki kecepatan lebih lambat dibandingkan dengan kendaraan fosil. Tantangan dalam pengembangan energi terbarukan adalah penyimpanan energi, pemanfaatan kelebihan energi, teknologi, manajemen pembangkit terdistribusi dan keandalan pasokan energi yang bergantung pada iklim (Ursúa, et al 2012). Hidrogen dapat digunakan sebagai bahan bakar fuel cell yang mengakomodir dari setiap kekurangan sumber energi baru terbarukan lainnya (Suleman et al.,2015). Hidrogen juga dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk sektor industri maupun sektor pembangkit listrik (Suleman et al.,2015). Hidrogen dengan kemurnian tinggi dapat digunakan dalam industri elektronik, metalurgi, makanan, kaca apung, *finechemical*, dan *aerospace* (Chi and Yu, 2018). Hidrogen merupakan bahan bakar yang memiliki nilai Pembakaran (*Heat Value*) yang cukup tinggi yaitu 141.86 kJ/g bila dibandingkan dengan kalor pembakaran bensin yang hanya sebesar 47.5 kJ/g (25⁰C and 1 atm) dan kalor pembakaran bahan bakar padat lainnya yaitu 50 kJ/g (Chi and Yu, 2018). Limbah buangan dari hasil pembakaran hidrogen dalam sel bahan bakar untuk menghasilkan listrik, hanya menghasilkan air dan sejumlah jumlah kecil NO_x. Pemanfaatan hidrogen pada sistem pembakaran hidrogen pada *fuel cell* menghasilkan produk buangan yang hanya berupa air (Gustavo, et al. 2018). Spesifikasi kendaraan menggunakan fuel cell dibutuhkan sistem pengamanan yang lebih rumit dibandingkan dengan bahan bakar gasolin.

Proses produksi hidrogen saat ini masih bergantung pada bahan bakar fosil (Acar and Dincer, 2019). Kebutuhan hidrogen di dunia saat ini dipenuhi dari berbagai proses yaitu 48% dipenuhi dari proses reformasi gas alam sebesar 240x10⁶ m³/tahun, 30% berasal dari industri minyak sebesar 150x10⁶ m³/tahun, 18% berasal dari gasifikasi batu bara sebesar 90x10⁶ m³/tahun, 3,9% berasal dari proses elektrolisis sebesar 20 x 10⁶ m³/tahun dan 0,1% berasal dari proses lainnya (0,1%) (Wang *et al.*, 2014 ; Suleman, et al., 2015). Beberapa teknologi yang tersedia untuk produksi hidrogen, diantaranya adalah *reforming*, dekomposisi, dan hidrolisis bahan bakar fosil. Sekitar empat miliar ton hidrogen adalah diperlukan

setiap tahun, dengan 95% produksi hidrogen berasal dari bahan bakar fosil, yang juga menghasilkan CO₂. Proses *reforming* biometana memiliki dampak lingkungan yang rendah sebesar 0,41%, sedangkan proses *reforming* gas alam memberikan kontribusi emisi gas rumah kaca yang cukup tinggi. Produksi hidrogen dari bioetanol memiliki dampak pengasaman, *eutrofikasi*, penipisan lapisan ozon dan dampak toksilogi dari konversi lahan dan pemberian pupuk pada tanaman bahan baku (Hajjaji *et al.*, 2013).

Proses elektrolisis adalah salah satu proses teknologi produksi gas hidrogen yang ramah lingkungan dibandingkan dengan proses lainnya (Mench, 2008). Sistem elektrolisis yang telah berkembang diantaranya adalah elektrolisis air alkali disebut dengan *Alkaline Water Electrolysis* (AWE), membran penukar ion disebut dengan *Proton Exchange Membranes* (PEMs), membran penukar anion alkali disebut dengan *Alkaline Anion Exchange Membranes* (AEMs), dan *Solid Oxide Water Electrolysis* (SOEC). Elektrolisa air alkali memiliki kelebihan diantaranya elektrolit berupa larutan seperti NaOH dan KOH, temperatur reaksi rendah, kepadatan arus operasi maksimum kurang dari 400 mA / cm². PEM menggunakan membran sebagai tempat terjadinya pertukaran ion. PEM memiliki kelebihan yaitu ramah lingkungan, memiliki efisiensi tinggi, desain lebih sederhana, tekanan output yang cukup besar, dan kerapatan arus operasi sistem yang lebih tinggi. PEM memiliki kelemahan yaitu elektroda yang digunakan berasal dari logam mulia seperti platinum sehingga biaya operasi cukup mahal (David, *et al.*, 2019). SOEC memiliki kelebihan efisiensi yang tinggi dan elektroda stabil secara termal dan kimia karena temperatur operasi yang cukup tinggi. SOEC memiliki kelemahan yaitu material elektroda dapat mengalami degradasi serta diperlukan perlakuan tambahan untuk memisahkan hidrogen yang dihasilkan dari uap air untuk mendapatkan hidrogen dengan kemurnian yang tinggi (Chi and Yu, 2018).

Elektrolisa yang banyak dikembangkan saat ini didominasi oleh elektrolisis AWE dan elektrolisis PEM (Menia *et al.*, 2017). Elektrolisis air alkali merupakan salah satu sistem yang dapat dikembangkan untuk memproduksi hidrogen menggunakan energi baru terbarukan dalam skala besar. Secara khusus,

keunggulan elektrolisis air alkali bila dibandingkan dengan proses elektrolisis lainnya adalah bahwa elektrolit dan bahan elektrodanya lebih murah dan lebih banyak tersedia di pasaran namun tidak mempengaruhi performa sel elektrolisis sehingga dapat dihasilkan hidrogen dengan kemurnian yang tinggi (Salami *et al.*, 2014). Selain itu efisiensi energi elektrolisis air alkali yang cukup besar (Kova, *et al.*, 2019) dan desain sel elektrolisa relatif sederhana (Chennouf *et al.*, 2012)) sehingga sesuai digunakan untuk rumah tangga kecil dan industri besar, seperti industri otomotif. Elektrolisa Hidrogen melalui elektrolisis alkali lebih aman dengan tingkat keamanan adalah 99,98%, sehingga memenuhi persyaratan untuk sel berbahan bakar hidrogen (*fuel cell*) yang membutuhkan hidrogen dengan kemurnian tinggi (Kova, *et al.*, 2019). Elektrolit yang paling umum digunakan untuk elektrolisis alkali adalah larutan Kalium Hidroksida (KOH), larutan Natrium Hidroksida (NaOH) (Ju, *et al.*, 2018) dan terkadang Natrium Klorida (NaCl) (Salami *et al.*, 2014). Kedua jenis elektrolit ini memiliki tingkat konsentrasi ion hidrogen yang tinggi dalam elektrolit, dengan konsentrasi optimum yang biasa digunakan adalah berkisar antara 25% hingga 30% untuk memaksimalkan konduktivitas ion (Bhandari *et al.*, 2014). Pemanfaatan energi dari elektrolisis alkali berkisar dari 60% hingga 90%. Produksi hidrogen menggunakan elektrolisis air alkali konvensional dapat mencapai hasil optimum dengan kondisi operasi yaitu temperatur antara 60-90 °C, tegangan berkisar 1,8 V hingga 2,2 V, dan kerapatan arus listrik di bawah 0,4 A/cm².

Listrik digunakan sebagai sumber arus sel elektrolisis. Kelemahan dari elektrolisis air adalah laju pembentukan hidrogen yang tidak cepat dan membutuhkan energi yang cukup besar. Konsumsi daya untuk produksi hidrogen adalah sekitar 4,5-5,5 kWh / Nm³ dengan efisiensi hanya sekitar 60% (Chi and Yu, 2018), bahkan mencapai 75% (Menad *et al.*, 2018). Pada umumnya, energi yang dikonsumsi proses elektrolisis pada industri konvensional sebesar 4,5 – 5 kWh/m³ hidrogen (Wang *et al.*, 2014). Hal tersebut menjadikan proses elektrolisis membutuhkan biaya tenaga listrik yang mahal terutama dalam memproduksi hidrogen untuk skala besar. Biaya proses elektrolisis berkisar 3-15 euro per kilogram hidrogen tergantung pada ukuran sistem elektrolisis (Ursúa *et. al.*, 2012).

Proses elektrolisis dapat menjadi lebih efisien bila tersedia sumber listrik yang murah (Mench, 2008) seperti sumber listrik dari energi terbarukan. Proses elektrolisis menggunakan energi terbarukan merupakan solusi bagi industri kimia dan petrokimia untuk mendapatkan hidrogen melalui proses yang lebih ramah lingkungan (Menad *et al.*, 2018). Sumber listrik pada sel elektrolisis berasal dari energi terbarukan yang menggantikan listrik yang berasal dari gas alam dapat menurunkan biaya emisi gas rumah kaca sekitar empat kali daripada hidrogen yang dihasilkan langsung dari sumber terbarukan (Suleman *et al.*, 2015). Elektrolisis air yang didukung oleh sumber energi terbarukan, diharapkan memungkinkan peningkatan produksi hidrogen serta meminimalisir emisi CO₂ dihasilkan dalam proses elektrolisis air (Chi and Yu, 2018). Energi terbarukan yang dapat digunakan untuk proses elektrolisis adalah energi matahari. Proses elektrolisis menggunakan energi matahari akan lebih murah karena energi matahari tersedia tanpa biaya dan hanya investasi awal dalam modul PV surya, baterai dan perangkat keras tambahan yang diperlukan (Bhattacharyya *et al.*, 2017).

Kota Semarang merupakan salah satu kota di Indonesia yang mendapat intensitas matahari yang cukup besar yaitu sebesar 5,49 kWh/m²/day. Hal tersebut menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari di Kota Semarang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi proses elektrolisis yang hanya membutuhkan 4,5 – 5 kWh per m³ hidrogen. Bahkan intensitas matahari di Kota Semarang pada tahun 2017 mencapai 8,454 kWh/m²/hari. Namun, daya keluaran sistem pembangkit listrik tenaga surya berfluktuasi tergantung pada radiasi matahari, iklim (Fereidooni *et al.*, 2018) dan suhu permukaan, sehingga diperlukan sistem penyimpanan energi yang dapat digunakan ketika panel surya memberikan daya pada tingkat radiasi rendah (Djafour *et al.*, 2011; Menad *et al.*, 2018). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisa produksi hidrogen dan oksigen melalui proses elektrolisis air alkali menggunakan intensitas radiasi matahari sebagai sumber energi listrik. Serangkaian alat sel elektrolisis yang dihubungkan dengan panel fotovoltaiik untuk memanfaatkan intensitas radiasi matahari di Kota Semarang serta baterai sebagai media penyimpan energi, akan digunakan dalam

penelitian. Sel elektrolisis menggunakan larutan elektrolit Kalium Hidroksida, elektroda berbasis stainless steel, dan menggunakan panel surya monokristalin yang dilengkapi dengan baterai serta sistem arduino untuk melakukan pencatatan *realtime* parameter-parameter yang akan dilakukan pengukuran.

I.2. Perumusan Masalah

Hidrogen merupakan sumber energi baru yang ramah lingkungan dan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil untuk bahan bakar *fuel cell* di sektor transportasi. Proses elektrolisis air alkali merupakan proses sederhana dan dapat menghasilkan hidrogen dengan kemurnian yang tinggi namun membutuhkan energi listrik yang cukup besar. Bila listrik bersumber dari jaringan PLN, maka biaya produksi lebih mahal dan tetap berkontribusi menghasilkan emisi CO₂ yang bersumber dari pembangkit listrik. Sumber energi listrik terbarukan sebagai sumber energi listrik dalam sel elektrolisis merupakan solusi untuk mendapatkan energi hidrogen lebih murah, diantaranya yaitu energi matahari. Intensitas matahari di Kota Semarang sebesar 5,49 kWh/m² dapat dimanfaatkan untuk sumber energi listrik proses elektrolisis.

1. Bagaimana peralatan sel elektrolisis air alkali yang digunakan untuk proses produksi hidrogen dengan memanfaatkan energi matahari di Kota Semarang sebagai sumber energi dan seberapa besar efisiensi alat elektrolisis tersebut?
2. Bagaimana pengaruh bahan baku elektroda terhadap produktivitas volume hidrogen yang dihasilkan dalam proses elektrolisis air alkali dengan memanfaatkan energi matahari Kota Semarang sebagai sumber energi dan baterai sebagai media penyimpan energi?
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan elektrolit dan tegangan terhadap produktivitas volume hidrogen yang dihasilkan dalam proses elektrolisis air alkali dengan memanfaatkan energi matahari Kota Semarang sebagai sumber energi dan baterai sebagai media penyimpan energi?

I.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui proses eksperimen dengan tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui seberapa besar produksi hidrogen yang dapat dihasilkan dari sel elektrolisis air alkali dengan memanfaatkan intensitas radiasi matahari di Kota Semarang sebagai sumber energi listrik yang disimpan dalam baterai.

1. Merancang dan menguji alat elektrolisis air alkali dengan memanfaatkan energi matahari Kota Semarang melalui panel surya dan baterai sebagai media penyimpanan energi yang dirangkai dengan sistem arduino serta mengukur intensitas matahari sebagai sumber energi alat elektrolisis.
2. Menganalisa pengaruh bahan baku elektroda terhadap produktivitas volume hidrogen yang dihasilkan pada proses elektrolisis air alkali dengan memanfaatkan energi matahari Kota Semarang sebagai sumber energi menggunakan panel surya dan baterai sebagai media penyimpanan energi.
3. Melakukan optimasi variabel tegangan dan konsentrasi larutan elektrolit untuk setiap bahan baku elektroda terhadap produktivitas volume hidrogen yang dihasilkan pada proses elektrolisis air alkali dengan memanfaatkan energi matahari Kota Semarang sebagai sumber energi dan baterai sebagai media penyimpanan energi.

I.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari pelaksanaan penelitian ini yang hendak dicapai adalah:

1. Penelitian ini dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai hidrogen yang merupakan bahan bakar ramah lingkungan sebagai pengganti bahan bakar fosil dan teknologi produksi hidrogen yaitu elektrolisis air alkali dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi dan baterai sebagai media penyimpanan energi.
2. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai produksi hidrogen menggunakan peralatan sel elektrolisis air alkali dengan memanfaatkan energi matahari di Kota Semarang sebagai sumber energi

serta parameter-parameter yang mempengaruhi terhadap hasil produksi hidrogen yaitu bahan baku elektroda, konsentrasi larutan elektrolit, dan tegangan ataupun arus.

3. Penelitian ini juga diharapkan memberikan manfaat sebagai salah satu acuan kepada pihak terkait baik dari pemerintah maupun swasta (investor, pengusaha) dalam pengembangan hidrogen, terutama untuk bahan bakar fuel cell dalam sektor transportasi serta memicu pertumbuhan pemanfaatan energi baru terbarukan seperti hidrogen dan energi matahari sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dalam rangka mengurangi target pengurangan emisi CO₂ di sektor energi.

I.5. Originilitas Penelitian

Tabel 1.1. Ringkasan penelitian terdahulu

No.	Peneliti (tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Gustavo, <i>et al</i> , (2018)	<i>Hydrogen production by a low-cost electrolyzer developed through the combination of alkaline water electrolysis and solar energi use</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Proses Elektrolisis Air Alkali (AWE) di Brazil dengan menggunakan elektroda Stainless Steel 304, larutan elektrolit NaOH 5 mol/ l. - Panel surya yang digunakan adalah panel surya polikristalin. - Volume hidrogen dihasilkan sekitar 2 liter hidrogen dalam waktu 4 jam operasi dan radiasi matahari rata-rata sebesar 800 W/m². - Gas hidrogen yang terbentuk di katoda sebesar 98,8% ± 0,4%. - Reaktor tetap stabil selama percobaan. - Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi larutan elektrolit yang tinggi meningkatkan konduktivitas lingkungan dan laju aliran gas. - Keberadaan awan (mendung) merupakan factor paling berpengaruh menurunkan arus listrik sistem dan produksi gas.

2	Chennouf <i>et al.</i> , (2012)	<i>Experimental Study of Solar Hydrogen Production Performance by Water Electrolysis in the South of Algeria</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Proses Elektrolisis Air Alkali (AWE) di Aljasair menggunakan variasi konsentrasi larutan NaOH serta variasi arus dan tegangan dari panel surya. - Panel surya terdiri dari 36 sel poli krostalin silikon. - Hasil penelitian menyatakan peningkatan suhu dan konsentrasi elektrolit menyebabkan peningkatan aliran volume gas hidrogen, intensitas arus, dan efisiensi penggunaan. - Efisiensi tinggi tercapai pada tegangan yang rendah. - Produksi hidrogen yang tinggi dapat tercapai pada suhu yang lebih tinggi dan konsentrasi NaOH yang optimal. - Sistem penyimpanan energi diperlukan untuk memberikan daya yang diperlukan pada tingkat radiasi yang lebih rendah.
3	Menia <i>et al.</i> (2017)	<i>Hidrogen production by methanol aqueous electrolysis using photovoltaic energi: Algerian potential</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penelitian melakukan analisa produksi hidrogen memanfaatkan potensi radiasi matahari di 3 lokasi negara Aljasair. - Proses elektrolisis menggunakan larutan methanol 4 M dan metode yang digunakan adalah elektrolisis PEM menggunakan persamaan matematik. - Data sinar matahari digunakan data meteorologi setempat. - Persamaan daya output fotovoltaiik maupun persamaan produksi hidrogen diperoleh dari data peenelitian sebelumnya. - Hasil menunjukkan bahwa hidrogen terbesar yang dapat dihasilkan dari potensi radiasi matahari di 3 lokasi adalah pada musim panas dan musim semi. Musim dingin berpotensi menghasilkan hidrogen cukup rendah.

			<ul style="list-style-type: none"> - Radiasi matahari yang tinggi meningkatkan kinerja panel surya. suhu lingkungan mempengaruhi kinerja dari sistem panel surya.
4	Dahbi <i>et al.</i> (2016)	<i>Optimised hydrogen production by a photovoltaic electrolysis sistem DC/DC converter and water flow controller</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Simulasi proses produksi hidrogen menggunakan MATLAB untuk Proses Polimer Membran Electrolysis (PEM) dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi. Sistem terdiri dari 7 sel elektrolisa kondisi operasi suhu 25°C dan tekanan 101,325 Pa. - Panel surya terdiri dari 50 sel daya. dan MPPT, Konverter DC/DC dan pompa air untuk untuk memaksimalkan produksi hidrogen yang dihasilkan digunakan - Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan konverter DC / DC antara elektrolisis air PEM dan panel PV melalui algoritma MPPT dan pengontrol aliran air, dapat memaksimalkan daya output modul PV dan peningkatan produksi hidrogen.
5	Djafour <i>et al.</i> (2011)	<i>Photovoltaic-assisted alkaline water electrolysis: Basic principles</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penelitian melakukan eksperimen pemasangan panel dan sel elektrolisis. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi sistem yang rendah, dimungkinkan karena rendahnya efisiensi panel dan ketidaksesuaian antara panel dan electrolyser. Peneliti melakukan analisa karakteristik berbagai konfigurasi elektrolisis air dihubungkan dengan panel surya untuk meningkatkan efisiensi melalui Simulasi MATLAB. - Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa berbagai kombinasi sel elektrolisis dan panel surya memungkinkan dalam meningkatkan kinerja sistem. - Daya yang ditransfer dari generator

			<p>fotovoltaik ke <i>electrolyser</i> sebagian besar tergantung pada kondisi iklim dan mode interkoneksi antara panel dan sel-sel elektrolisis.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistem dengan menggunakan switching menentukan jumlah <i>electrolysers</i> disusun seri atau paralel merupakan konfigurasi alternative yang dapat meningkatkan efisiensi. - Pembangunan hidrogen melalui sistem panel surya harus <i>low cost</i> dan meminimalisir dalam komponen dan perawatan.
6	Rahim <i>et al.</i> (2015)	<i>Optimization of Direct Coupling Solar PV Panel and Advanced Alkaline Elektrolyzer Sistem</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Model matematika dan simulasi digunakan untuk kondisi optimasi elektrolisis alkali dan sistem panel surya. data optimal yang didapat digunakan sebagai data analisa simulasi optimasi pemasangan konfigurasi fotovoltaik surya dan elektrolisis alkali menggunakan MATLAB. - Simulasi elektrolisis menunjukkan Temperatur optimum elektrolisis alkali hasil simulasi adalah 80 ° C. Kenaikan temperatur menyebabkan kebutuhan daya lebih rendah. Efisiensi faraday meningkat ketika arus meningkat. - Simulasi panel surya menunjukkan iradiasi matahari yang lebih tinggi akan meningkatkan MPP PV sehingga menghasilkan output energi yang lebih besar. - Simulasi dari konfigurasi sel elektrolisis dan sistem panel surya menggunakan temperatur dan radiasi matahari optimum. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tingkat produksi hidrogen meningkat linear sesuai peningkatan efisiensi MPP. Konfigurasi sel elktrolisis dan jumlah sel elektrolisis alkali meningkatkan efisiensi MPP dan menghasilkan jumlah hidrogen lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi dan

			jumlah sel elektrolisis alkali mempengaruhi efisiensi MPP. daya maksimum konfigurasi dicapai untuk 10 sel dengan efisiensi MPP 99,17%.
7	Bhattacharyya <i>et al.</i> (2017)	<i>Photovoltaic solar energi conversion for hidrogen production by alkaline water electrolysis: Conceptual design and analysis</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Analisa kelayakan dan kinerja sistem elektrolisis ketika digabungkan dengan sumber energi terbarukan di Mumbai India tanpa menggunakan software. Selain itu dilakukan pengukuran parametrik kapasitas sistem produksi hidrogen. Perhitungan dilakukan mencakup kebutuhan listrik, perkiraan intensitas matahari tahunan, daya keluaran panel surya serta efisiensi panel surya sehingga dihasilkan perkiraan produksi hidrogen tahunan. - Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperlukan rangkaian panel surya cukup banyak baik seri maupun paralel untuk mendapat produksi hidrogen maksimal (efisiensi panel surya 14-16%). Peningkatan efisiensi panel surya dibutuhkan untuk memaksimalkan hidrogen yang dihasilkan. Keluaran arus dari panel surya sebanding dengan produksi hidrogen. - Investasi yang cukup besar dibutuhkan untuk produksi hidrogen skala besar terutama bila tidak tersedia lahan untuk menempatkan panel surya dengan BEP diperkirakan selama 12 tahun.
8.	Yuvaraj and Santhanaraj, (2014)	<i>Sistematic Study on Electrolytic Production of Hidrogen Gas by Using Graphite as Electrode</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Peneliti melakukan eksperimen produksi hidrogen melalui elektrolisis menggunakan elektroda grafit. menggunakan elektrolit KOH. Suhu dan tekanan operasi adalah 303 K dan 1 atm; - Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi elektrolit dan temperatur linear terhadap peningkatan produksi hidrogen. - Elektroda grafit menjadi pilihan

			<p>terbaik untuk elektrolisis dalam kondisi eksperimental dalam jangka waktu proses selama 90 menit. Namun untuk jangka waktu yang lebih lama dimana produksi hidrogen sangat meningkat, terjadi dekomposisi batang grafit anodik secara bertahap. Elektroda grafit tidak tahan terhadap konsentrasi elektrolit yang tinggi (di atas 0,025 M) untuk produksi hidrogen dalam waktu yang lama.</p>
9.	Kova, et. al, (2019)	<i>Solar hidrogen production via alkaline water electrolysis</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Elektrolisis alkali bipolar dirangkai dengan sistem PLTS 960 Wp sebagai sumber energi cadangan untuk memenuhi kebutuhan energi ketika tidak ada sinar matahari. - Analisa kinerja dilakukan terlebih dahulu pada Pembangkit listrik tenaga surya 960 Wp silikon monokristalin terhadap factor yang mempengaruhi daya keluaran panel surya, meliputi radiasi matahari, produksi listrik tenaga surya, sudut optimal, suhu, dan faktor kapasitas. Data pengamatan actual dibandingkan dengan data simulasi Pv Syst. - Sel elektrolisis alkali bipolar sel sejumlah tiga unit dikonstruksi dengan memanfaatkan energi dari sistem fotovoltaiik dan menghasilkan hidrogen selama satu hari penuh. Elektrolit yang dipilih adalah 25% larutan KOH. <p>Desainnya dari elektrolisis alkali Bipolar dapat meningkatkan produksi hidrogen dibandingkan dengan Elektrolisis alkali sel tunggal dan produksi hirodogen mencapai 1,138 g per jam.</p>
10.	Cabezaset et al. (2018)	<i>Optimization of self-regulated hidrogen production from photovoltaic</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Elektrolisis air dengan banyak elemen pengendali parameter akan menyebabkan kerugian/ kehilangan energi yang cukup besar bila dibandingkn dengan sistem sederhana dengan peralatan pengendali minimal.

		<i>energi</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Peneliti membuat interkoneksi yang diatur sendiri untuk meningkatkan kinerja sistem elektrolisis-panel surya dan kemudian dianalisa. Sistem "<i>tuned</i>" diatur sendiri seperti modular alternatif yang efisien dan sederhana untuk meminimalisir penggunaan elemen kontrol sistem daya rendah yang tinggi - Dalam penelitian ini, <i>electrolyzers</i> monopolar tidak menunjukkan penurunan kinerja yang signifikan selama periode penurunan radiasi dan peningkatan yang relevan dalam produksi hidrogen ketika terjadi peningkatan radiasi. - Hasil penelitian menunjukkan sistem <i>tuned</i> ini menunjukkan efisiensi antarmuka PV-electrolyzer mencapai hingga 91,2%, efisiensi elektroyser 75.1 %) dan efisiensi total rata-rata mencapai 68,5%. Aplikasi sistem ini sangat bermanfaat untuk lokasi terpencil dalam negara berkembang. - Electrolyzer komersial beroperasi dalam berbagai daya dengan arus antara 6 dan 60 A. Elektroliser bekerja pada daya rendah menghasilkan kinerja yang lebih tinggi dengan produksi hidrogen yang lebih rendah.
--	--	---------------	--

Dari penelitian tersebut diatas telah dilakukan analisa produksi hidrogen dari serangkaian peralatan sel elektrolisis oleh Gustavo et al 2018 menggunakan elektroda SS 304, larutan elektrolit NaOH 5 mol/l dan panel surya jenis polikristalin sebanyak 30 cell. Penelitian tersebut dilakukan di Brazil dan rangkaian alat pada penelitian tersebut belum menambahkan baterai sebagai media penyimpan energi listrik dari panel surya untuk mengakomodir kebutuhan energi elektrolisis ketika matahari tidak tersedia (malam hari atau musim hujan). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa potensi energi surya di Kota Semarang

dalam produksi hidrogen melalui elektrolisis dengan memodifikasi rangkaian alat penelitian Gustavo et al (2018) yaitu meliputi penambahan baterai sebagai media penyimpan energi matahari serta sistem arduino pada alat sesuai dengan parameter-parameter mempengaruhi produksi hidrogen yang akan diukur. Pemasangan sistem arduino merupakan pencatatan realtime parameter-parameter pengukuran pada suatu periode waktu pencatatan yang telah ditentukan.



Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro